

Chapter

9

氣體的性質與製備

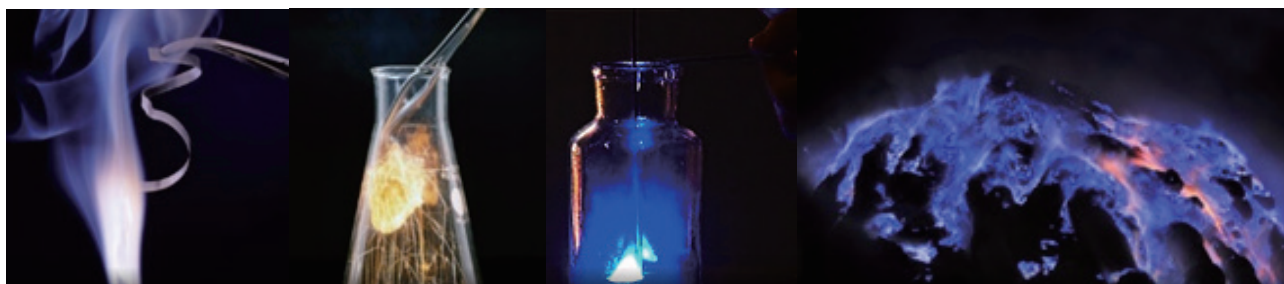
學習目標

1. 認識氧氣與二氧化碳的工業製法與實驗室製法。
2. 認識氧氣與二氧化碳的物理性質與化學性質。
3. 認識氧氣與二氧化碳的檢驗方法。
4. 認識氣體的收集方法。

授課節數 8

本章綱要

- 9-1 理論基礎
 1. 氧的製備
 2. 氧的性質與檢驗
 3. 二氧化碳的製備
 4. 二氧化碳的性質與檢驗
- 9-2 實習活動 I- 氧氣的製備、性質與檢驗
- 9-3 實習活動 II- 二氧化碳的製備、性質與檢驗



氧氣是我們隨時都在吸入的氣體，若沒有氧氣，大多數生物將無法生存；沒有氧氣，大部分物質也不易燃燒。許多絢麗的景象亦為氧氣的助燃性所促成，如燃燒鎂帶放出強光、燃燒鋼絲絨產生火花、燃燒硫粉產生藍色火焰、火山硫磺燃燒生成的藍色岩漿等。如此重要之氧氣，其主要來源為植物進行光合作用將二氧化碳與水轉化而成。氧氣、二氧化碳與人類息息相關，本章即將介紹氧氣與二氧化碳的製備方式、性質與檢驗方式。

9-1 理論基礎

氧的製備

製備氧氣的方法有許多種，其中自然界的製備方法即光合作用，其利用植物體內的葉綠素可吸收光能將二氧化碳與水轉化成氧氣與葡萄糖，藉由這個反應可使地球上大部分生物得以生存，可謂是地球上最重要的化學反應，其反應式如下。

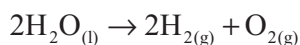


一、工業製法

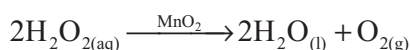
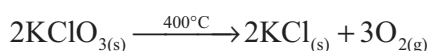
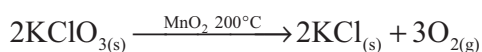
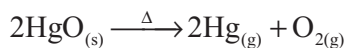
由於空氣的取得較容易，故工業上常利用其物理性質的差異，對液態空氣進行蒸餾，氮氣的沸點 (-197°C) 較氧氣的沸點 (-183°C) 低，故氮氣會先分離出來，剩下的即為氧氣。

二、實驗室製法

1. 電解水：將兩個惰性電極置於水中，通常再加入稀硫酸或氫氧化鈉以增加水的導電性，接著通入直流電，陽極即可產生氧氣，而陰極則會產生氫氣，反應式如下。



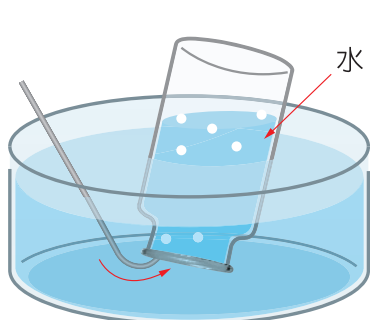
2. 分解氧化汞、氯酸鉀、雙氧水等物質，反應式如下。本實驗為簡化操作過程，選擇以過氧化氫的分解來製備氧氣。



3. 前述幾個反應有加入二氧化錳作為催化劑，其可藉改變反應的路徑，而改變反應活化能，使反應速度得以加快，但催化劑本身的質量於反應前後不會改變。

三、氣體的收集方法

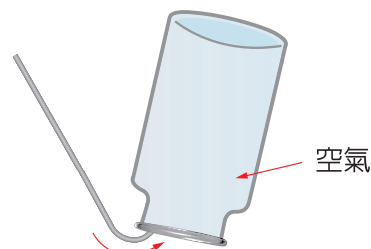
1. 排水集氣法：適用於難溶於水的氣體，如氧氣、氫氣、氮氣、二氧化碳等。
2. 向上排氣法：適用於易溶於水，但密度比空氣大的氣體，如氯氣、氯化氫等。
3. 向下排氣法：適用於易溶於水，但密度比空氣小的氣體，如氨。



▲圖 9-1 排水集氣法



▲圖 9-2 向上排氣法



▲圖 9-3 向下排氣法

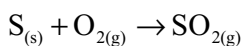
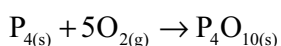
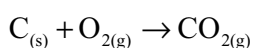
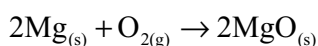
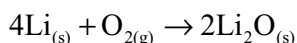
氧的性質與檢驗

1. 物理性質

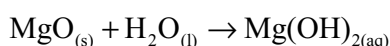
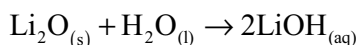
- (1) 一般狀態下，氧氣為無色、無味的氣體，其沸點 -183.0°C 、凝固點 -218.4°C 。
- (2) 於空氣中約占 21% 體積百分比，其難溶於水，一般以排水集氣法收集。
- (3) 標準狀態下，其密度為 1.429 g/L ，較空氣大。
- (4) 高壓低溫下可液化成淡藍色的液態氧。

2. 化學性質

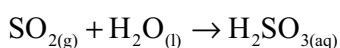
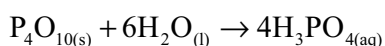
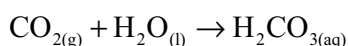
- (1) 氧氣有助燃性，可使物質燃燒更為劇烈。
- (2) 氧氣具有氧化力，可與大多金屬或非金屬作用生成氧化物，如下述反應。



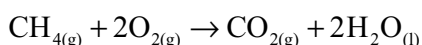
- ① 金屬氧化物可溶於水者，其水溶液呈鹼性，如下述反應。



- ② 非金屬氧化物可溶於水者，其水溶液呈酸性，如下述反應。



- (3) 氧氣可與有機物作用生成 CO_2 與 H_2O ，如甲烷的燃燒，其反應式如下。

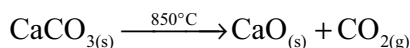


3. 氧的檢驗可利用前述氧的性質做觀察，如氣體可使物質燃燒加劇，則該氣體即可能為氧氣。以線香為例，若將線香餘燼放入氧氣中，線香即會復燃。

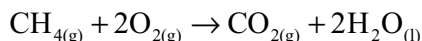
二氧化碳的製備

一、工業製法

1. 加熱以碳酸鈣為主成分的石灰石使其分解產生二氧化碳，反應式如下。

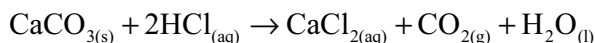


2. 從天然氣、石油、煤炭等物質的燃燒收集，反應式如下。



二、實驗室製法

通常利用以碳酸鈣為主成分的石灰石與稀鹽酸的反應製得二氧化碳，反應式如下。須注意的是不可使用濃鹽酸，因可能產生氯化氫氣體而降低二氧化碳濃度。



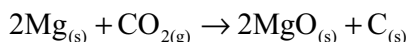
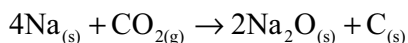
二氧化碳的性質與檢驗

1. 物理性質

- (1) 一般狀態下，二氧化碳是一種無色、無味的氣體。
- (2) 二氧化碳微溶於水且標準狀態時的密度為 1.98 g/L，較空氣大，可以向上排氣法收集，但較不純，故一般以排水集氣法收集，其純度較高。
- (3) 一大氣壓時，二氧化碳降溫至 -78.5°C 會凝華成固體，俗稱乾冰，其在一般狀態下會發生昇華現象。

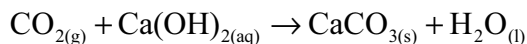
2. 化學性質

- (1) 無助燃性且不活潑，故常用做滅火器的材料。
- (2) 活性較大的金屬可與二氧化碳反應，進而取代碳，生成金屬氧化物，如下述反應式。

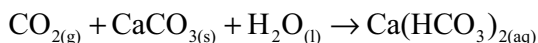


- (3) 二氧化碳溶於水會呈現弱酸性。

3. 檢驗方法：二氧化碳可使澄清石灰水變成白色混濁狀，反應式如下。



- (1) 若通入過量的二氧化碳於石灰水中會生成可溶性的碳酸氫鈣，故沉澱物會消失，其反應式如下。



- (2) 碳酸氫鈣溶液受熱會分解生成碳酸鈣，其反應式如下。



9-2

實習活動 I- 氧氣的製備、性質與檢驗



實驗目的

1. 熟悉氧氣的工業製法與實驗室製法。
2. 熟悉氧氣的物理性質與化學性質。
3. 熟悉氧氣的檢驗方法。
4. 熟悉氣體的收集方法。

器材藥品

名稱	規格	數量	名稱	規格	數量
廣口瓶	250 mL	4 個	燃燒匙		1 個
玻璃板		4 個	藍色石蕊試紙		數張
水槽		1 個	紅色石蕊試紙		數張
稱量紙		數張	電子天平	精密度 0.01 g	1 臺
抽濾瓶	250 mL	1 個	二氧化錳		1 g
橡皮塞	配合抽濾瓶大小	1 個	過氧化氫	5 %	100 mL
鑽孔器		1 組	木炭	或以線香代替	少許
量筒	50 mL	1 個	硫粉		少許
分液漏斗		1 個	紅磷		少許
橡皮管	Φ 6 mm、50 cm	1 條	鎂帶		少許
玻璃彎管		1 個			

實驗步驟

一、氧的製備

步驟 1



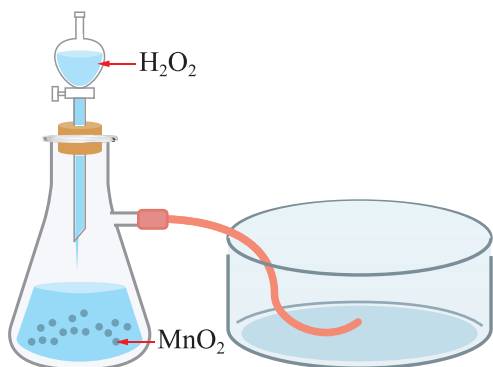
準備 4 個廣口瓶裝滿水，蓋上玻璃板，注意瓶內盡量無氣體，倒立置於水槽中備用。

步驟 2



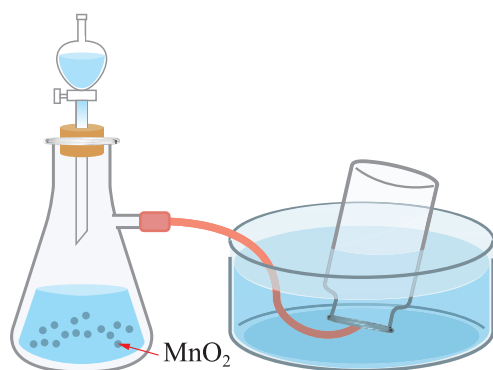
以稱量紙稱量 1 克的二氧化錳，倒入 250 mL 抽濾瓶中，並加入 20 mL 蒸餾水。

步驟 3



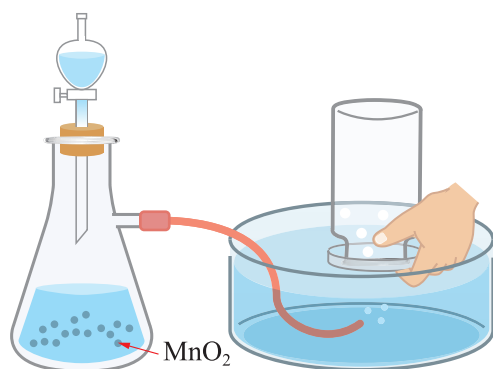
- (1) 將橡皮塞鑽孔，插入分液漏斗後塞入抽濾瓶，並將抽濾瓶側口接上導管。
- (2) 將 5% $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}$ 適量倒入分液漏斗中，開啓栓塞使 5% $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}$ 慢慢流入抽濾瓶。

步驟 4



將導管通入至水槽廣口瓶以收集氧氣。

步驟 5



待廣口瓶內排除約 9 成水後，蓋上玻璃板取出。

步驟 6



將廣口瓶正立於桌上備用，再繼續收集其餘 3 瓶，以供後續實驗用。



充電小站

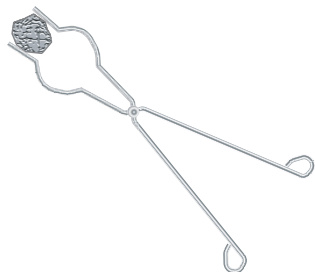
實驗注意事項

1. 初期產生的氣體可能混有空氣，可靜待約 10 秒後再開始收集。
2. 初期若水中無產生氣泡表示有漏氣，需調整裝置至密合後再進行實驗。
3. 可以薊頭漏斗取代分液漏斗，但薊頭漏斗底部需浸入液體中，避免產生的氣體由薊頭漏斗逸出。
4. 分液漏斗若無滴加液體，則應將柱塞關閉，避免氣體逸出。

二、氧的性質與檢驗

步驟 1

以坩堝鉗夾取木炭或拿取線香。



步驟 2

點燃後置入第 1 個氧氣瓶中，觀察其現象。



步驟 3

燃畢後取出燃燒匙並蓋上玻璃板搖晃集氣瓶中溶液，投入藍色石蕊試紙，觀察其現象。

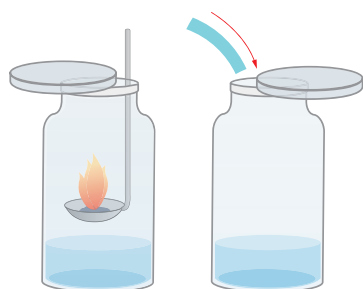


步驟 4

將少許硫粉置於燃燒匙中。

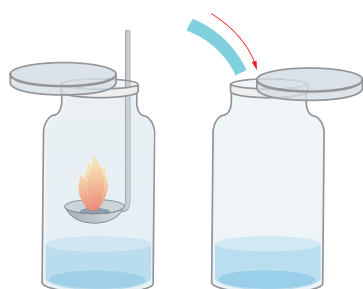


步驟 5



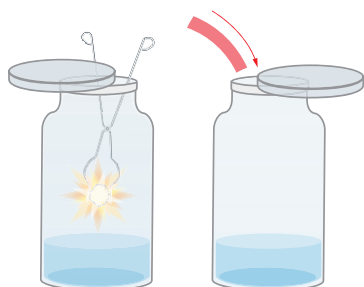
- (1) 點燃後置入第 2 個氧氣瓶中，觀察其現象
- (2) 燃畢後取出燃燒匙並蓋上玻璃板搖晃集氣瓶中溶液，投入藍色石蕊試紙，觀察其現象。

步驟 6



- (1) 將少許紅磷置於燃燒匙中，點燃後置入第 3 個氧氣瓶中，觀察其現象。
- (2) 燃畢後取出燃燒匙並蓋上玻璃板搖晃集氣瓶中溶液，投入藍色石蕊試紙，觀察其現象。

步驟 7



- (1) 以坩埚鉗夾取鎂帶，點燃後置入第 4 個氧氣瓶中，觀察其現象。
- (2) 燃畢後取出燃燒匙並蓋上玻璃板搖晃集氣瓶中溶液，投入紅色石蕊試紙，觀察其現象。

實驗數據記錄與分析

1. 記錄

測試試樣	試樣顏色	於空氣中燃燒現象	於氧氣中燃燒現象	產物溶於水後之石蕊試紙顏色	水溶液酸鹼性
木炭					
硫粉					
紅磷					
鎂帶					

2. 氧氣是否具有助燃性？_____。

問題與討論

1. 氣體的收集方法通常可分三種，請問是哪三種？分別適用什麼樣的氣體？
2. 請寫出本實驗中木炭、硫粉、紅磷、鎂帶與氧氣的化學反應式。
3. 本實驗中製備氧氣時，若氧氣量不夠，是否可添加二氧化錳以增加氧氣量？為什麼？
4. 本實驗中產生的氧氣量會比理想預期的氧氣量少，可能是什麼原因造成？

9-3 實習活動 II- 二氧化碳的製備、性質與檢驗

實驗目的

1. 熟悉二氧化碳的工業製法與實驗室製法。
2. 熟悉二氧化碳的物理性質與化學性質。
3. 熟悉二氧化碳的檢驗方法。
4. 熟悉氣體的收集方法。

器材藥品

名稱	規格	數量	名稱	規格	數量
廣口瓶	250 mL	4 個	橡皮管	Φ 6 mm、50 cm	1 條
玻璃板	8 cm × 8 cm	4 片	玻璃彎管		1 個
水槽		1 個	燃燒匙		1 個
稱量紙		數張	電子天平	精密度 0.01 g	1 臺
抽濾瓶	250 mL	1 個	大理石		10 g
橡皮塞	配合抽濾瓶大小	1 個	鹽酸	3 M	200 mL
鑽孔器		1 組	澄清石灰水		5 mL
量筒	50 mL	1 個	蠟燭	或以線香代替	1 根
量筒	10 mL	1 個			
分液漏斗		1 個			

實驗步驟

一、二氧化碳的製備

步驟 1



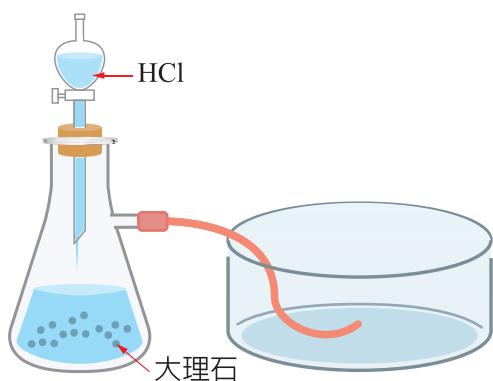
準備 4 個廣口瓶裝滿水，蓋上玻璃板，注意瓶內盡量無氣體，倒立置於水槽中備用。

步驟 2



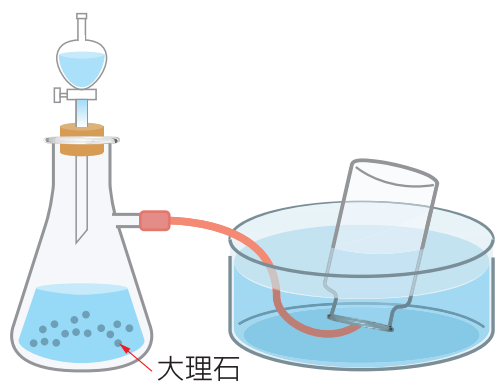
以稱量紙稱取 10 克的大理石，倒入 250 mL 抽濾瓶中，並加入 20 mL 蒸餾水。

步驟 3



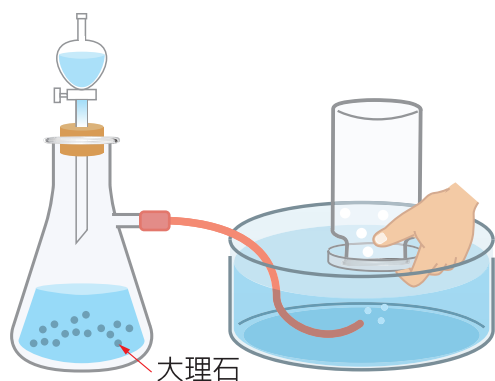
- (1) 將橡皮塞鑽孔，插入分液漏斗後塞入抽濾瓶，並將抽濾瓶側口接上導管。
- (2) 將 3 M $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ 適量倒入分液漏斗中，開啓栓塞使 3 M $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ 溶液慢慢流入抽濾瓶。

步驟 4



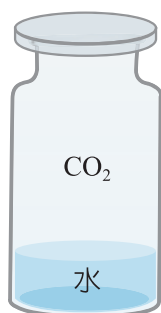
將導管通入至水槽廣口瓶以收集二氧化碳。

步驟 5



待廣口瓶內排除約 9 成水後，蓋上玻璃板取出。

步驟 6



將廣口瓶正立於桌上備用，再繼續收集其餘 3 瓶，以供後續實驗用。



充電小站

實驗注意事項

1. 初期產生的氣體可能混有空氣，可靜待約 10 秒後再開始收集。
2. 初期若水中無產生氣泡表示有漏氣，需調整裝置至密合後再進行實驗。
3. 可以薊頭漏斗取代分液漏斗，但薊頭漏斗底部需浸入液體中，避免產生的氣體由薊頭漏斗逸出。
4. 分液漏斗若無滴加液體，則應將柱塞關閉，避免氣體逸出。

二、二氧化碳的性質與檢驗

步驟 1



搖晃第 1 個二氧化碳瓶後，將藍色石蕊試紙投入瓶中並蓋上玻璃板，觀察其現象。

步驟 2



取一根蠟燭或線香點燃後，置入第 2 個二氧化碳瓶中並蓋上玻璃板，觀察其現象。

步驟 3



取 5 mL 澄清石灰水加入第 3 個二氧化碳瓶中並搖晃，觀察其現象。

步驟 4



以坩堝鉗夾取鎂帶，點燃後置入第 4 個二氧化碳瓶中，觀察其現象。

實驗數據記錄與分析

1. 二氧化碳溶於水後之石蕊試紙顏色為_____，故溶液為_____ (酸 / 鹼) 性。
2. 蠟燭點燃後放到二氧化碳瓶中的現象？_____，故二氧化碳_____ (有 / 無) 助燃性。
3. 澄清石灰水加入二氧化碳瓶中的現象？_____。
4. 鎂帶可否在二氧化碳瓶中燃燒？_____。

問題與討論

1. 本實驗如何檢測二氧化碳氣體？
2. 若通入過量的二氧化碳於石灰水中會使水中沉澱物消失，請問該沉澱物是指什麼？發生什麼反應？
3. 製備二氧化碳時，加入鹽酸後產生的氣體為何不立刻收集，而需等待約 10 秒？
4. 製備二氧化碳時，常利用以碳酸鈣為主成分的石灰石與稀鹽酸的反應，請問是否可以使用濃鹽酸，為什麼？



重點整理

1. 光合作用為利用植物體內的葉綠素可吸收光能將二氧化碳與水轉化成氧氣與葡萄糖。
2. 氧氣的實驗室製法為電解水或分解氧化汞、氯酸鉀、雙氧水等物質。
3. 氣體的收集方法有排水集氣法、向上排氣法、向下排氣法。
4. 氧氣難溶於水，一般以排水集氣法收集。
5. 金屬氧化物可溶於水者，其水溶液呈鹼性；非金屬氧化物可溶於水者，其水溶液呈酸性。
6. 氧有助燃性，檢驗氧的性質時，可觀測是否使物質燃燒加劇。
7. 二氧化碳的實驗室製法通常利用碳酸鈣與稀鹽酸的反應製得二氧化碳。
8. 一大氣壓時，二氧化碳降溫至 -78.5°C 會凝華成固體，俗稱乾冰。
9. 二氧化碳微溶於水且密度較空氣大，可以向上排氣法收集，但較不純，故一般以排水集氣法收集。
10. 二氧化碳無助燃性且不活潑，故常用做滅火器的材料。
11. 檢測二氧化碳時，可將氣體通入澄清石灰水中使其變成白色混濁狀。

學後評量

- () 1. 光合作用為利用植物體內的葉綠素吸收光能將二氧化碳與下列何者轉化成氧氣？
(A) $C_6H_{12}O_6$ (B) $C_{12}H_{22}O_{11}$ (C) N_2 (D) H_2O
- () 2. 下列何者非光合作用所需要的要件？
(A) 葉綠素 (B) 光 (C) 水 (D) 氧氣
- () 3. 下列何種氣體的收集適合使用排水集氣法？
(A) N_2 (B) HCl (C) Cl_2 (D) NH_3
- () 4. 加熱下列何種物質，無法產生氧氣？
(A) 氧化汞 (B) 碳酸鈣 (C) 雙氧水 (D) 氯酸鉀
- () 5. 標準狀態下，下列氣體中何者的密度較空氣小？
(A) 氯氣 (B) 氨 (C) 氧氣 (D) 二氧化碳
- () 6. 下列物質中，何者於空氣中燃燒可發出白色強光？
(A) 紅磷 (B) 硫粉 (C) 鎂帶 (D) 木炭
- () 7. 下列物質的燃燒，何者無法以二氧化碳滅火劑滅火？
(A) 碳 (B) 硫 (C) 磷 (D) 鎂
- () 8. 下列哪一個元素的氧化物溶於水呈鹼性？
(A) 碳 (B) 硫 (C) 磷 (D) 鎂
- () 9. 澄清石灰水加入二氧化碳瓶中並搖晃會產生白色混濁溶液，是因為產生了什麼？
(A) 氧化鈣 (B) 碳酸氫鈣 (C) 氫氧化鈣 (D) 碳酸鈣
- () 10. 下列何者於固態時俗稱乾冰？
(A) O_2 (B) N_2 (C) CO_2 (D) NH_3